

KORELASI DAYA DUKUNG PONDASI TIANG ANTARA *STATIC LOADING TEST* DENGAN *PILE DRIVING ANALYZER*

Melisa Kosasi¹, Dewi Hindra Wijaya², Gogot Setyo Budi³

ABSTRAK : *Static Loading Test* (SLT) merupakan salah satu metode pengujian daya dukung pondasi yang dapat dipercayai, namun menghabiskan biaya yang cukup besar dan waktu yang relatif lama. Hal ini membuat *Pile Driving Analyzer* (PDA) menjadi metode alternatif pengujian beban aksial pondasi tiang semakin banyak diminati. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari korelasi nilai daya dukung *ultimate* hasil PDA dengan SLT yang diinterpretasikan dengan metode Davisson (1972), Chin (1985), Mazurkiewicz (1972) dan Decourt (1999). Dari hasil perbandingan, diketahui bahwa nilai daya dukung *ultimate* hasil PDA memiliki rentang yang paling mendekati dengan hasil SLT yang diinterpretasikan dengan metode Chin. Selain itu, daya dukung *ultimate* hasil SLT yang diinterpretasikan dengan metode Chin dan Davisson paling mendekati nilai beban *ultimate* rencana.

KATA KUNCI: SLT, PDA, pondasi tiang

1. PENDAHULUAN

Dalam merencanakan suatu pondasi tiang, perencana terlebih dahulu menentukan daya dukung rencana yang harus dicapai oleh setiap tiang dalam menopang beban di atasnya. Pengujian tiang pondasi diperlukan sebagai *quality insurance* bahwa daya dukung tiang pondasi di lapangan memenuhi daya dukung yang direncanakan. Coduto (1994) membagi 3 (tiga) metode untuk menghitung daya dukung aksial pondasi tiang yaitu: a) uji beban skala penuh atau sering disebut *Static Loading Test* (SLT); b) metode statik (menggunakan prinsip-prinsip mekanika tanah klasik); c) metode dinamik atau sering disebut *Pile Driving Analyzer* (PDA).

Uji beban skala penuh (*Static Load Test*) ini merupakan metode yang paling dapat dipercaya tapi memiliki beberapa kekurangan yaitu biaya yang besar dan waktu yang relatif lama. Oleh sebab itu, PDA mulai banyak digunakan. Namun demikian banyak ahli yang berpendapat bahwa uji beban skala penuh tidak dapat diganti secara total oleh metode dinamik.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil PDA dan SLT serta mencoba untuk mempelajari pengaruh jenis tanah terhadap hasil korelasi dari PDA dan SLT.

Ruang lingkup penelitian ini yaitu korelasi antara SLT dan PDA pada tanah di berbagai daerah di Indonesia dengan beberapa metode yakni metode Davisson (1972), Chin (1985), Mazurkiewicz (1972) dan Decourt (1999) serta pengaruh jenis tanah terhadap hasil korelasi tersebut.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21410125@john.petra.ac.id.

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21410152@john.petra.ac.id.

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, gogot@peter.petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

Metode yang paling akurat untuk menentukan kapasitas beban adalah menggunakan sebuah indikator tiang yang dibebani sesuai dengan beban perencanaan tiang di lapangan sampai mengalami keruntuhan atau kegagalan. Akan tetapi, metode ini membutuhkan biaya yang tidak sedikit serta diperlukan orang yang ahli dalam menganalisisnya, sehingga diperoleh hasil yang akurat. Metode ini dikenal dengan uji beban statik (*static load test*).

2.1. Metode Pelaksanaan SLT

Test daya dukung tiang pancang adalah pengujian pembebanan secara langsung untuk mengetahui daya dukung *ultimate* dan penurunan tiang pancang. Metode ini dilakukan sesuai dengan ASTM D1143-81. Sebelum melaksanakan pengujian dapat diringkas sebagai berikut :

- Penentuan beban statis uji
- Persiapan beban statis uji
- Pelaksanaan beban statis uji

2.2. Interpretasi Uji Beban Statik

Setelah uji beban statik dilakukan maka diperlukan analisa terhadap hasil uji beban statik tersebut. Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas tiang yang diuji dengan menggunakan *loading test*. Sejumlah metode tersebut memberikan hasil yang bermacam-macam sehingga dibutuhkan analisis yang lebih mendalam mengenai pemilihan metode yang dapat memberikan hasil yang wajar. Menurut Shaarawi et.al (2003), disimpulkan bahwa metode yang dapat digunakan pada semua tes di dalam penelitiannya adalah metode Chin, Mazurkiewicz, dan Decourt. Sedangkan menurut Hasnat et.al (2012), bahwa metode yang memiliki tingkat keakurasian paling tinggi dan memiliki perbandingan penyebaran (*scatter*) terendah terhadap metode *Elastic Rebound* pada proses interpretasi beban *ultimate* tiang adalah metode Davisson. Setiap metode tersebut memiliki kriteria uji yang berbeda-beda pula.

2.3. Uji Beban Dinamik

Selain metode statik terdapat pula metode dinamik untuk menguji beban *ultimate* tiang. Uji dinamik ini atau yang dikenal dengan HSDPT (*High Strain Dynamics Pile Tests*) atau PDA (*Pile Driving Analyzer*) dapat dijadikan pelengkap atau pengganti uji beban statik. Tentunya penggunaan dan interpretasi dari uji beban dinamik ini diperlukan seseorang yang telah berpengalaman dan mengerti betul mengenai metode ini.

Pelaksanaan pengujian pembebanan pada tiang pancang dengan metode PDA *test* untuk mengetahui dengan pasti daya dukung tiang struktur. PDA merupakan suatu metode pengujian daya dukung tiang pancang dengan memanfaatkan rambatan gelombang. Rambatan gelombang yang beruparegangan pada tiang dan pergerakan relatif (*relative displacement*) yang terjadi antara tiang dan tanah disekitarnya diakibatkan oleh beban dinamik akibat tumbukan dari *drop hammer* pada kepala tiang. Kemudian rambatan gelombang pada tiang pancang ini direkam oleh perangkat komputer yang dilengkapi dengan aplikasi khusus yang dirancang untuk menganalisa refraksi, sefleksi dan disperse gelombang. Semakin besar kekuatan tanah, semakin kuat gelombang perlawanan yang timbul. Gelombang aksi maupun reaksi akibat perlawanan tanah akan direkam. Dari hasil rekaman, karakteristik gelombang – gelombang ini dapat dianalisa dan diolah oleh perangkat komputer untuk menentukan daya dukung statik tiang yang diuji, berdasarkan *Theory of Stress Wave Propagation on Pile (Case Method)*.

Pengetahuan teknis tentang tes PDA ini relatif jarang dikuasai atau paling tidak dipahami oleh para pekerja konstruksi. Untuk menginterpretasikan angka-angka numerik seluruh hasil dari tes PDA mungkin membutuhkan latar belakang pendidikan dan pelatihan khusus untuk menguasainya. Tetapi untuk tujuan praktis bagi pekerja konstruksi/praktisi diharapkan dapat

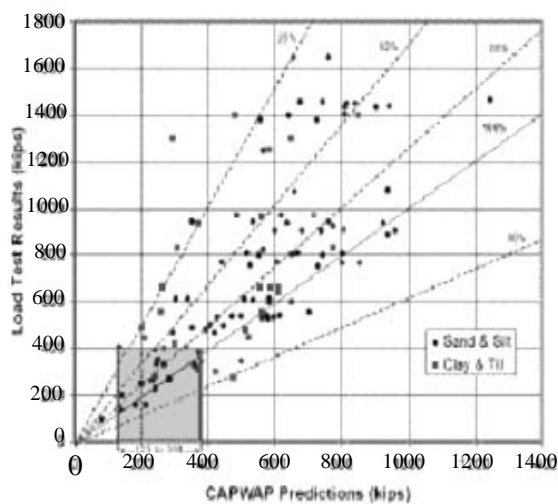
memahami hasil evaluasi daya dukung tiang, integritas/keutuhan tiang dan penurunan tiang dari hasil tes PDA.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Svinkin (2011) diperoleh tabel evaluasi kapasitas tiang berdasarkan metode dinamik dan statik (dapat dilihat pada **Tabel 1**).

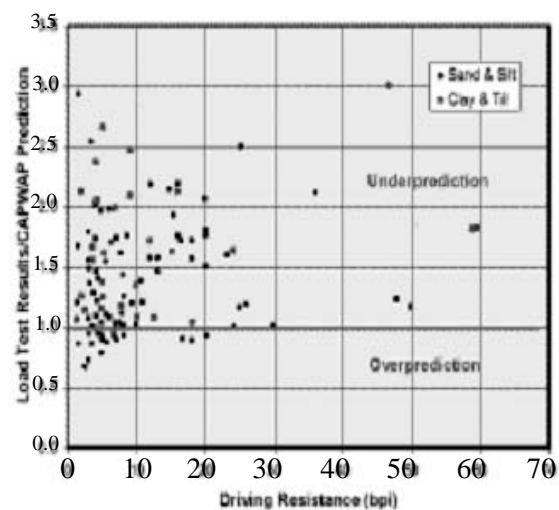
Tabel 1. Evaluasi Kapasitas Statik Tiang yang Ditentukan Berdasarkan Metode Dinamik untuk 2 Jenis Tanah yang Berbeda (Pasir dan Lempung)

<i>Dynamic Methods</i>	<i>Sand Pile 2 & 4 Error (%)</i>	<i>Clay Pile 7 Error (%)</i>
CAPWAP	<i>Good Results Between Davisson and D/10 For Pile 2 : +17 & -19 For Pile 4 : 0 & -28</i>	<i>Overestimation +71 & +40</i>
TNOWAVE	<i>Overestimation For Pile 2 : +341 & +206 For Pile 4 : +101 & +45</i>	<i>Good Results Between Davisson and D/10 +14 & -6</i>
SIMBAT	<i>Overestimation For Pile 2 : +89 & +31 Underestimation For Pile 4 : -20& -43</i>	<i>Good Results Between Davisson and D/10 0 & -17</i>
STATNAMIC	<i>Overestimation For Pile 2 : +116 & +125 For Pile 4 : +55 & +22</i>	<i>Good Results +19 & +26</i>

Selain itu juga diperoleh adanya hubungan jenis tanah terhadap CAPWAP dan Tes Beban , dapat dilihat pada **Gambar 1**. Pada **Gambar 2**, diperoleh bahwa CAPWAP memiliki hasil taksiran yang rendah jika dibandingkan terhadap tes beban untuk jenis tanah pasir dan lempung



Gambar 1 . Load Test Versus CAPWAP

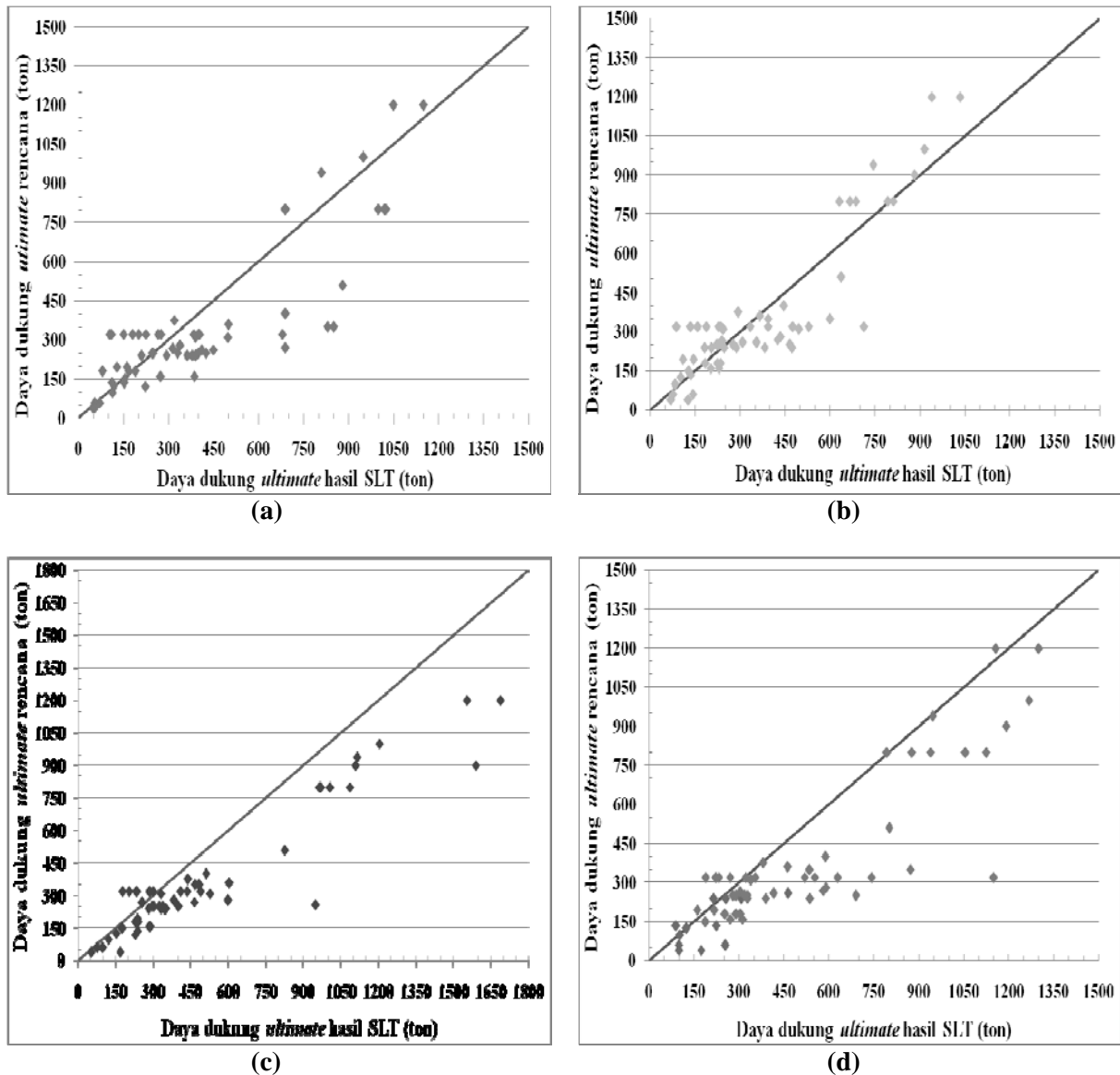


Gambar 2. Daya Dukung yang diperoleh dari Load Test Versus CAPWAP

Sumber : <http://www.mygeoworld.info/file/download/6677>- diunduh tanggal 30 Mei 2014

3. HASIL DAN ANALISA

Pada *paper* ini dijelaskan hasil analisis dari korelasi daya dukung yang diperoleh dari hasil SLT dengan daya dukung *ultimate* rencana serta daya dukung yang diperoleh dari hasil PDA pada pondasi tiang. Korelasi daya dukung yang diperoleh dari hasil SLT dengan daya dukung *ultimate* rencana dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian nilai perencanaan daya dukung *ultimate*. Parameter yang diperiksa adalah ketelitian korelasi metode pengujian SLT dan PDA pada pondasi tiang. Dalam penelitian ini, ada 4 macam metode yang digunakan untuk menganalisa hasil SLT yang dilakukan di lapangan, yaitu metode Davisson, Chin, Mazurkiewicz dan Decourt. Korelasi daya dukung *ultimate* atas hasil analisa SLT dan daya dukung *ultimate* rencana dipresentasikan pada **Gambar 3**.

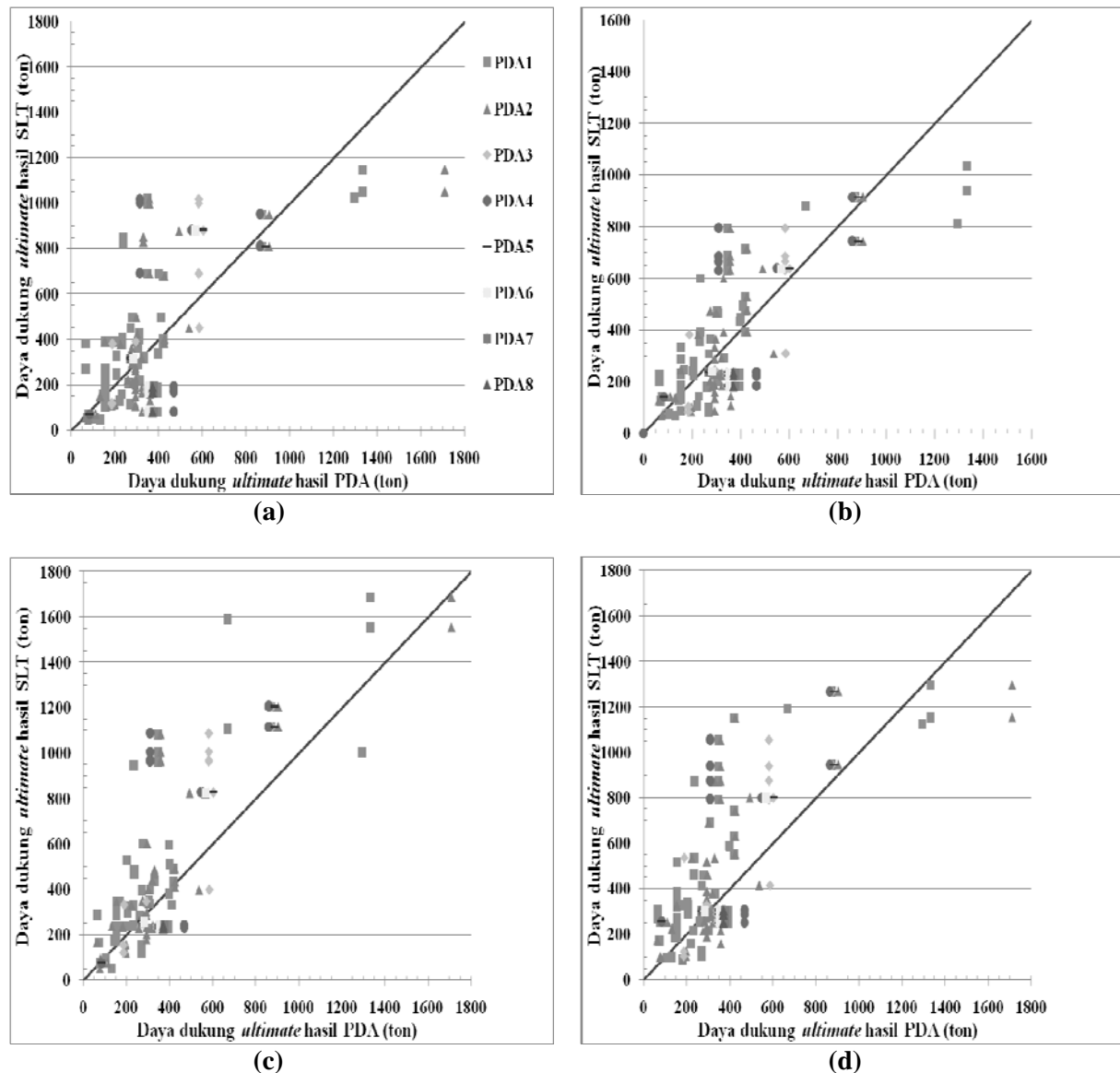


Gambar 3. Korelasi antara Daya Dukung Rencana *Ultimate* dengan Daya Dukung *Ultimate* Aktual Hasil SLT yang Dianalisa dengan Metode
(a) Davisson, (b) Chin, (c) Mazurkiewicz, dan (d) Decourt

Titik-titik yang di plot dalam **Gambar 3** adalah perbandingan daya dukung *ultimate* rencana dengan daya dukung *ultimate* aktual dari hasil SLT yang diinterpretasikan dengan metode (a) Davisson, (b) Chin, (c) Mazurkiewicz, dan (d) Decourt. Garis ekuivalen ditambahkan ke dalam grafik tersebut

sebagai referensi untuk melihat seberapa jauh perbedaan nilai daya dukung *ultimate* rencana dan daya dukung hasil interpretasi SLT. **Gambar 3** menunjukkan nilai daya dukung hasil interpretasi SLT dengan metode Chin lebih mendekati nilai beban *ultimate* rencana.

Korelasi daya dukung *ultimate* atas hasil analisa SLT dan PDA dipresentasikan pada **Gambar 4**.

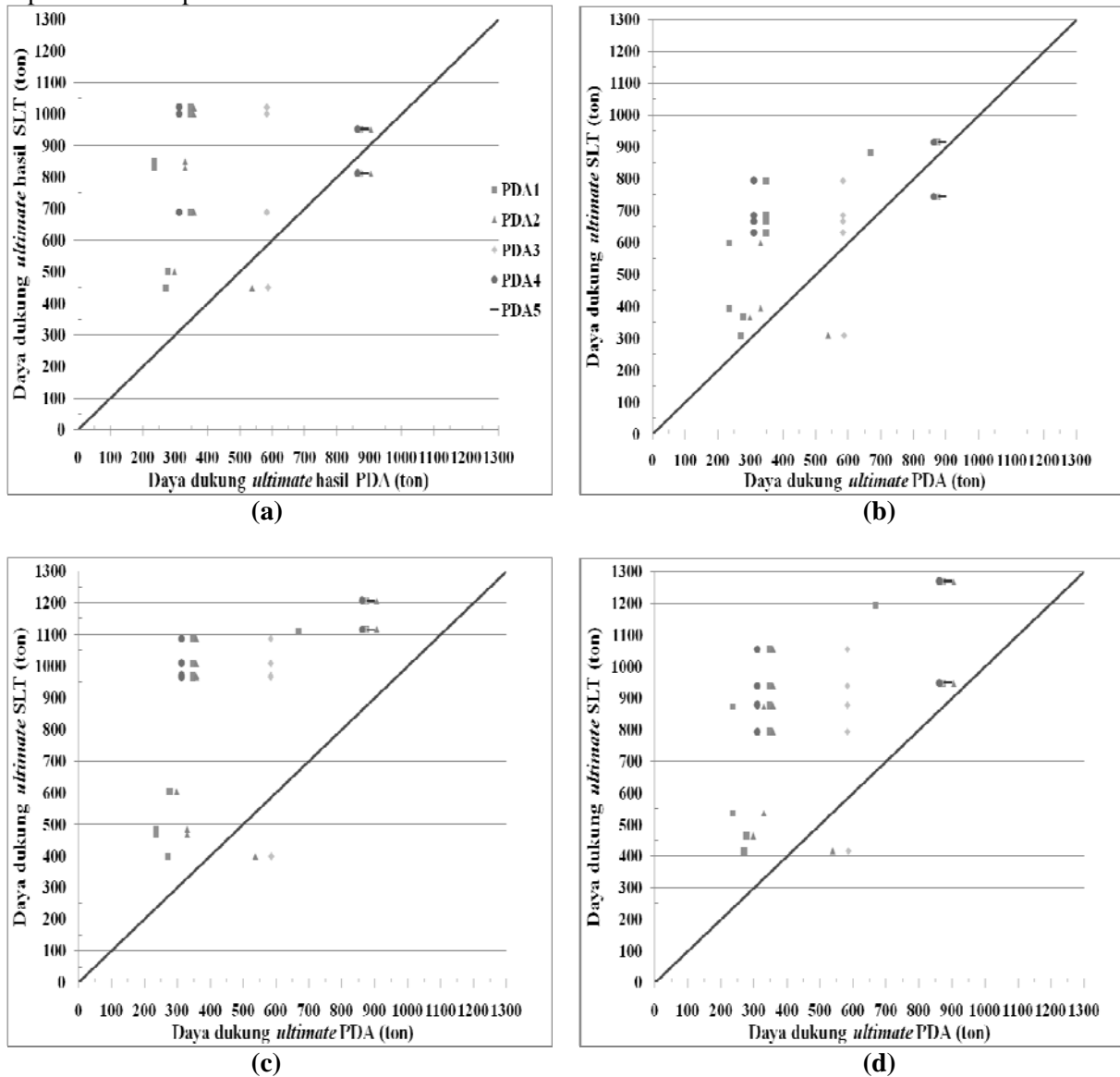


Gambar 4. Korelasi antara Daya Dukung *Ultimate* Hasil PDA dengan Daya Dukung *Ultimate* Hasil SLT yang Dianalisa dengan Metode (a) Davisson, (b) Chin, (c) Mazurkiewicz, dan (d) Decourt

Titik-titik pada **Gambar 4** diplot dengan cara mengambil suatu nilai SLT dari satu tiang menjadi nilai pada sumbu y, kemudian diambil suatu nilai PDA dari suatu tiang lain menjadi nilai pada sumbu x menjadi titik PDA 1. PDA 2 adalah daya dukung *ultimate* hasil dari PDA pada tiang lain yang diambil pada proyek yang sama dengan PDA 1, yang kemudian dipasangkan dengan nilai SLT yang sama dengan yang dipasangkan dengan PDA 1, dan begitu seterusnya hingga PDA 8. Dalam 1 proyek bisa terdapat lebih dari 1 nilai SLT, maka dalam 1 proyek dapat mempunyai lebih dari 1 titik PDA 1. Dengan adanya banyak proyek maka terbentuklah banyak titik PDA 1. **Gambar 4** menunjukkan nilai

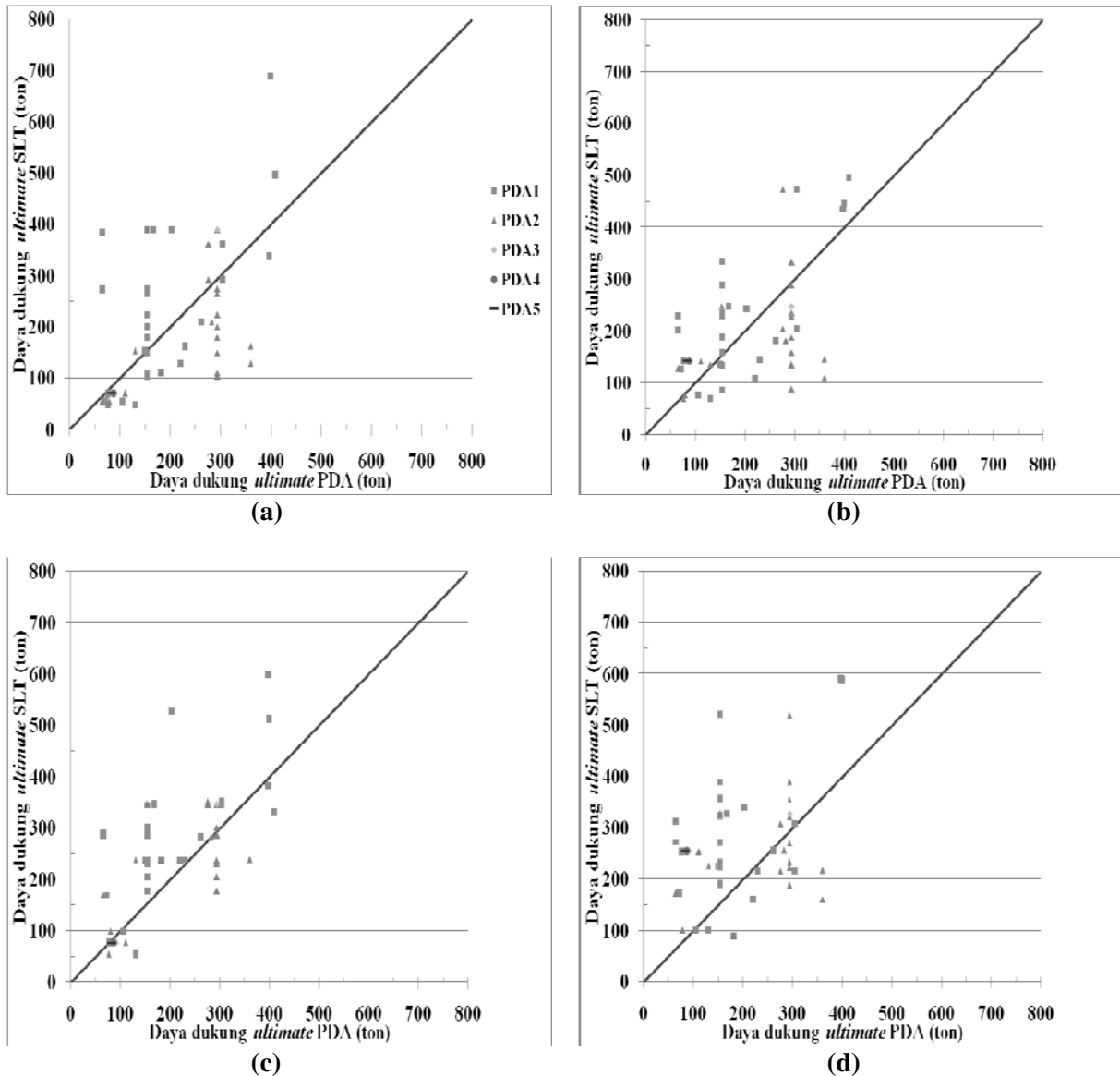
perbandingan daya dukung *ultimate* PDA dan SLT yang diinterpretasikan dengan metode Chin mempunyai rentang yang paling kecil.

Korelasi daya dukung *ultimate* atas hasil analisa SLT dan PDA berdasarkan jenis tanah pasir dipresentasikan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Korelasi antara Daya Dukung *Ultimate* Hasil PDA dengan Daya Dukung *Ultimate* Hasil SLT yang Dianalisa dengan Metode (a) Davisson, (b) Chin, (c) Mazurkiewicz, dan (d) Decourt Berdasarkan Jenis Tanah Pasir

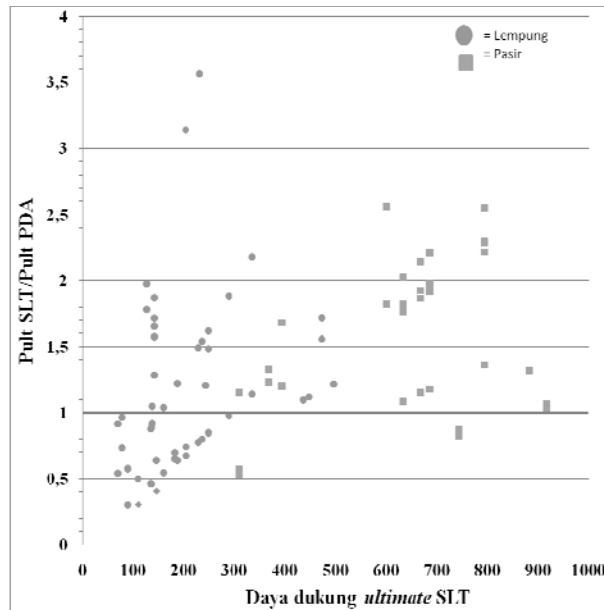
Dari **Gambar 5**, terlihat bahwa hasil daya dukung *ultimate* hasil SLT yang cenderung lebih besar dari pada daya dukung *ultimate* hasil PDA. Sedangkan korelasi daya dukung *ultimate* atas hasil analisa SLT dan PDA berdasarkan jenis tanah lempung dipresentasikan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Korelasi antara Daya Dukung *Ultimate* Hasil PDA dengan Daya Dukung *Ultimate* Hasil SLT yang Dianalisa dengan Metode (a) Davisson, (b) Chin, (c) Mazurkiewicz, dan (d) Decourt Berdasarkan Jenis Tanah Lempung

Dari **Gambar 6**, terlihat bahwa korelasi daya dukung *ultimate* hasil SLT yang baik diperoleh dari beban 0 sampai 300 ton, tetapi pada saat beban lebih dari 300 ton, beban *ultimate* SLT cenderung lebih besar dari pada beban *ultimate* PDA.

Gambar 7 menunjukkan rentang daya dukung *ultimate* hasil PDA dan SLT berdasarkan jenis tanah yang diinterpretasikan dengan metode Chin.



Gambar 7. Rentang Daya Dukung *Ultimate* Hasil PDA dan SLT berdasarkan Jenis Tanah yang Diinterpretasikan dengan Metode Chin

Dari **Gambar 7**, pada jenis tanah lempung, perbandingan Pult SLT dan Pult PDA berada pada rentang 0,3-2,2. Sedangkan pada jenis tanah pasir, rasio Pult SLT dan Pult PDA berada pada rentang 1-2,5.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa daya dukung *ultimate* hasil SLT yang diinterpretasikan dengan metode Chin dan Davisson paling mendekati nilai beban *ultimate* rencana sedangkan daya dukung *ultimate* hasil SLT yang diinterpretasikan dengan metode Decourt dan Mazurkiewicz cenderung lebih besar dari nilai beban *ultimate* rencana. Dari keempat perbandingan nilai daya dukung *ultimate* SLT dan PDA, nilai daya dukung *ultimate* SLT yang diinterpretasikan dengan metode Chin mempunyai rentang yang paling kecil jika dibandingkan dengan daya dukung *ultimate* hasil PDA. Pada jenis tanah pasir, daya dukung *ultimate* hasil SLT menunjukkan hasil yang cenderung lebih besar dari pada daya dukung *ultimate* hasil PDA. Sedangkan pada jenis tanah lempung, didapatkan bahwa dari beban 0 sampai 300 ton, daya dukung *ultimate* hasil SLT menunjukkan korelasi yang relatif lebih baik. Pada beban lebih besar dari 300 ton, beban *ultimate* SLT cenderung lebih besar dari pada beban *ultimate* PDA. Pada jenis tanah lempung, perbandingan Pult SLT dan Pult PDA berada pada rentang 0,3-2,2. Sedangkan pada jenis tanah pasir, rasio Pult SLT dan Pult PDA berada pada rentang 1-2,5.

5. DAFTAR REFERENSI

- ASTM D1143-81 Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load. (1994). *Annual Book of ASTM standards* (American Society for Testing and Material, 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428), Unites States.
- Chin Y.K., Tan S.L. and Tan S.B. (1985). "Ultimate Load Tests on Instrumented Bored Piles in Singapore Old Alluvium". *Eight Southeast Asian Geotechnical Conference*, Kuala Lumpur.
- Coduto, D. P. (1994). *Foundation Design Principles and Practices*, Prentice Hall International, Inc, New Jersey
- Davisson, M.T. (1972). *High Capacity Piles*, In *Innovations in Foundation Construction*, Soil Mechanics Division, Illinois, ASCE, Chicago, USA, pp.81-112.

- Decourt L.(1999). “Behaviour of Foundation under Working Load Condition”. *Proceedings of the Pan- American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Foz Dolguassu, Brazil, August 1999,vol 4,pp.453-488.
- Hasnat, A., Uddin, A. F., Haque, E., Saha, P., & Rahman, M. W. (2012). “Ultimate Load Capacity of Axially Loaded Vertical Piles from Full Scale Load Test Results Interpretations- Applied to 20 Case Histories”. *International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development (ICCESD-2012)*, KUET,Khulna, Bangladesh.
- Mazurkiewicz, B.K. (1972). “Test Loading of Piles According to Polish Regulations”, *Preliminary Report* No. 35,Commission on Pile Reseach, Royal Swedish Academy of Engineering Services, Stockholm
- Shaarawi, E., Abdelrahman, G., & Abouzaid, K. (2003). “Interpretation of Axial Pile Load Test Result for Continuous Flight Auger Piles”. *Proceedings of 9th Arab Structural Engineering Conference*, Abu Dhabi, UAE.
- Svinkin, M. (2011). *Engineering Evaluation of Static Pile Capacity by Dynamic Methods*. 182.